

知識表現機構をもつ ハイパメディア文書モデルとその試作

宇津宮 孝一 遠藤 弘隆 宮崎 和臣
松尾 剛典 瀧田 和美 吉田 和幸

大分大学工学部

ハイパテキストの概念に基づいて、マルチメディアまでを対象にしたハイパメディア文書システムには、まだ解決すべき問題が多い。例えば、分散環境下での文書の協同作成、内容や知識に基づく文書の検索、データベースとしての管理なども容易でない。そこで、これらの問題点を解決し、新しい文書処理支援環境を構築することを目的として、知識表現機構を有するハイパメディア文書モデルを構築し、現在このモデルに基づいてプロトタイプシステムを作成中である。これは、種々のメディアの統一的な取扱い、文書構成要素がもつ知識を用いた各要素間の関係づけ、ワークステーション群からなる分散環境下での協同作成などに対応できる文書モデルである。本論文では、文書モデル、知識表現機構、試作システムの機能と評価などについて述べる。

Prototyping a Hypermedia Document Model with Knowledge Representation

Kouichi Utsumiya Hiroataka Endo Kazuomi Miyazaki
Takenori Matsuo Kazuyoshi Korida Kazuyuki Yoshida

Faculty of Engineering, Oita University

700 Dannoharu, Oita 870-11, Japan

Recently, hypermedia systems for nonlinear documents and multimedia have been developed and have become available in part. These systems, however, still have problems to solve. To give some solutions to the problems and construct a new environment for document preparation, we are now developing a hypermedia document model with knowledge representation, and prototyping its system. This model is intended to unify different media, relate document components to each other using their knowledge, and help authors work together on the same document in a distributed environment with workstations. This paper describes the document model, its knowledge base, and its prototype using the X-window system on the 4.3 BSD UNIX operating system.

1. はじめに

マルチメディア、ワークステーションおよび計算機ネットワーク技術の進歩は、複数の著者が互いに情報のやり取りをしながら、マルチメディアからなる文書を協同作成する環境を提供できるようにした[1]。文書の作成に関しても、線形構造の文書に対して、論理構造を考慮しながら作成から清書までを取り扱うモデルが提案され、多くのシステムが実現されてきた[2]。

非線形構造の文書の作成法としては、早くからハイパテキストの概念が提案され、マルチメディアまでを対象にしたハイパメディアシステムが最近実現され一部商用化されている[3]。しかし、これらのシステムには、まだ解決すべき問題が多い[4]。分散環境下での文書の協同作成、内容や知識に基づく文書の検索、データベースとしての管理なども容易でない。

我々は、これらの問題点を解決し、新しい文書処理支援環境を構築することを目的として、知識表現機構を有するハイパメディア文書モデルを構築し、現在このモデルに基づいてプロトタイプシステムを作成中である[5]。これは、種々のメディアの統一的な取扱い、文書構成要素がもつ知識を用いた各要素間の関係づけ、ワークステーション群からなる分散環境下での協同作成などに対応できる文書モデルである。

本論文では、文書モデル、知識表現機構、試作システムの機能と評価などについて述べる。

2. ハイパメディア文書モデル

2.1 文書モデルの構築方針

多くのハイパメディアシステムには、まだ解決すべき問題や課題が残されている。その中には、基盤となるハイパテキストデータモデル固有のものもある。例えば、Conklin が指摘しているように[4]、

- ・直接的なリンクのみの結合は静的で柔軟性に欠ける。
- ・ハイパメディアデータベースのネットワークの中で、利用者は迷子になりやすい。
- ・自分の欲しい情報の輪郭はわかるが、そこにたどりつく道筋がわからない。
- ・内容や知識に基づいた情報の検索や用途による文書の分類などが困難である。
- ・心理的な負担を強いられる。

これらの問題点がある程度は解決し、マルチメディアからなる文書にも対応できるようにするために、その枠組みとして次の方針で文書モデルを構築する。

- ・メディアの統一性 種々のメディアをオブジェクトという概念で同じ取扱いを可能とする[6]。
- ・動的連携 内容や知識によって、動的に関係づけることができる[7]。
- ・知的検索 内容や知識に基づく検索ができる[8]。
- ・分散環境下での協同作業 複数の利用者による協同作業ができる[9]。
- ・文書クラスの概念の導入 用途による文書の分類や書式などの文書属性の継承が可能である[2]。

2.2 文書モデルの構成

図1に文書モデルの全体構成を示す。各文書は文書クラスのインスタンスとして実現される。文書インスタンスは文書を構成する要素(文書要素、例えば、章、節、図、表など)からなる。各文書要素は後述するようにノードとして実現される。構造的に関係ある文書要素は、事前にリンクによって結合される。また、文書要素の知識が知識ノードに格納され、知識ベースを介して文書あるいは文書要素同士が意味的に関係づけられる。これらの構成要素について以下に説明する。

2.2.1 ノード

種々のメディアを統一的に取り扱い、知識の付加を容易にするために、各ノードを知識部と情報部の2つの部分で構成する。情報部には文書要素の具体的な値などノード自身のデータだけを格納する。知識部には文書要素の知識やその他の管理情報を格納する。情報部は知識部からポインタにより指示される。

(1) 情報部

ノードは、情報部に格納するデータの種類によっていくつかの型に分類される。4つの型を用意している。

① DATA型ノード

具体的なデータを格納するためのノードである。格納されるデータの種類によって、テキスト型、ビットイメージ型などに分類される。

② WEB型ノード

Intermediaのwebの概念を拡張したもので、文書のリンク情報をまとめて格納するためのノードである[6]。

③ FILEBOX型ノード

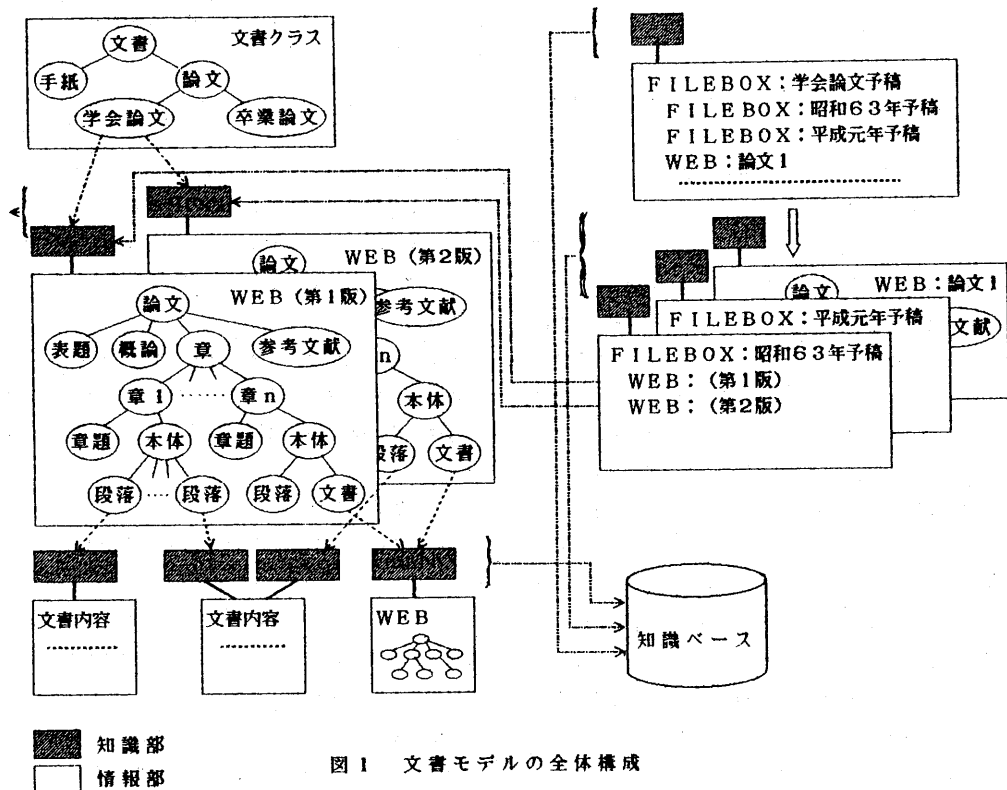


図1 文書モデルの全体構成

ノードの分類や組織化のために、Notecardの場合と同様、単純な包含関係を表す場合に利用される[10].

④ TOOL型ノード

アプリケーションプログラム（既存のものも含む）を登録するためのノードである。

(2) 知識部

知識部の形式はすべてのノード型に対して共通である。知識部には、属性情報、情報部への指示情報、ノードの型に対する手続き、文書要素の知識、版管理情報などが格納される。このようにノードの役割分担を明確化することにより、

- ・すべてのノードを同じように取り扱える。
- ・新しいメディアの導入も、新しいノードの型とその手続きを追加することにより対応できる。
- ・文書モデルに柔軟性がある。つまり、1つの情報部に対して複数の知識部を作ることができるので、同一のデータに複数の視野を与えることができる。

また、各ノードを取り扱うのに論理ノード名を用いている。論理ノード名には文書クラス階層、ノードの種別、知識部のファイル名を含むので、文書クラスによる文書の分類が容易である。

2. 2. 2 リンク

リンクは2つのノードを結合するものである。リンクによる結合の柔軟性を高めるために、Intermediaのwebの概念を拡張した。これは、ハイパメディアデータベース内のすべてのリンクをノードから独立させてWEBとしてまとめるものである。したがって、ノード自身にはリンク情報は格納されないで、柔軟性が高い。つまり、WEB内のリンク情報を操作するだけで、自由にリンクの生成、編集および削除などができる。また、同じノード群に対して複数のWEBを作ることでもできる。これにより、利用者ごとや利用目的に応じて、いろいろなリンクの張り方ができる。また、ノード内に含まれる知識や概念に基づくリンクの生成、編集などの処理を通じて、WEBの内容を更新することにより、動的なリンクづけも可能である。

2. 2. 3 知識ベース

文書モデルにおける知識は、大別すると2つの形式で表現される。すなわち、文書自身の知識は、各ノードの知識部に格納される。一方、文書間の知識および文書の関連知識は、知識ベースとして管理される。知

識ベースの詳細は次章で述べる。

3. ハイパメディア文書モデルにおける知識表現機構

3.1 文書要素の知識と格構造表現

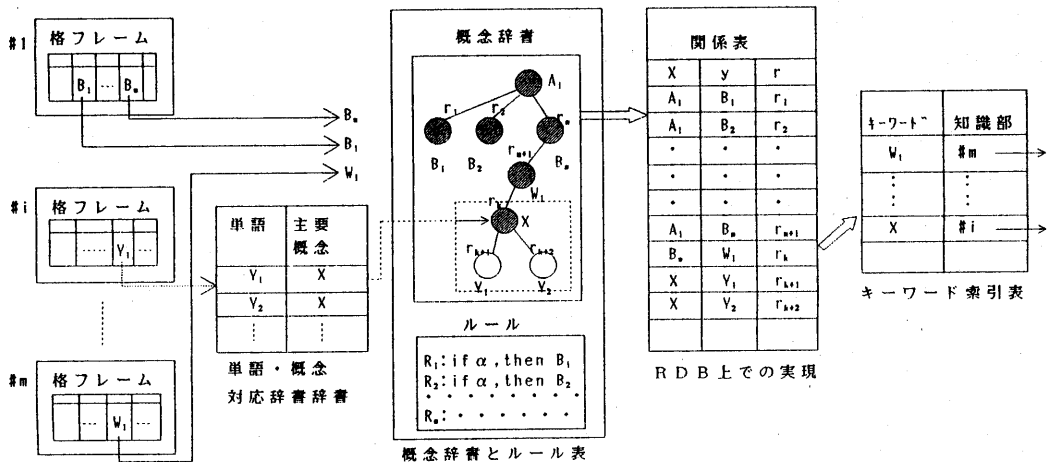
文書内容を知るためには、まず各文書要素の内容を把握し、つぎに文書要素間の関係から文書全体の意図を理解する方法が一般的である。ハイパメディア文書においてはリンクをたどりながらこの作業を行わねばならず、手間がかかる。一方、キーワードによる従来の方法では、正確な理解という段階までには達しない。

こうした問題を解決するために、各文書要素の内容を知識として表現し、格納する。この知識を検索したり、拾い読みしたり、あるいは知識間の関係をたどることによって、文書の内容や関連知識を少しの手間で、ある程度正確に把握することが可能になる。ここではテキスト情報に着目し、必要な知識を文書要素の次の部分から抽出する。

- ・テキストのみの場合は、経験則により最初の数文の中から知識を抽出する。例外として、導入部では最後の数文も対象にする。
 - ・図表の場合は、その標題や説明から知識を抽出する。
- 上述した部分から、重要な概念を表す重要語候補をその格構造とともに切り出す。格表現はfillmoreの格

	述語	主体格	対象格	源泉格	目標格	手段道具格	理由格	例示格
値								

図2 格フレーム形式



知識部ノード

図3 知識表現機構

構造を基盤にしたもので[11]、7種類の格からなる。格フレームは、格スロットから構成され、格スロットは述語または格とそのインスタンスからなる。インスタンスは、抽出された文から切り出された述語および重要語となる名詞である。格フレーム形式を図2に示す。格構造表現を得るためには、次の過程を踏む。

- ①テキストを単語辞書を用いて字句解析する。このとき、辞書にない単語（固有名詞や専門用語など）を重要語候補と見なす。
- ②動詞や格助詞などを手がかりに構文解析を行う。
- ③文の述語に対して格構造を用意し、各重要語候補を、対応する格の格スロットに入れる。

3.2 知識表現機構

文書要素の知識およびそれぞれの知識間の関係の表現機構として、下記のように格情報記述部、辞書および表などの5つのデータ構造を用意する。データ構造の間の関係を図3に示す。これらは、大別すると、文書要素の知識を表現するもの((1)), 知識の間の関係を表現するもの((2),(3))および検索効率を高めるためのもの((4),(5))の3種類に分類される。

(1) 格情報記述部

知識部の中に各文書要素の知識を格フレーム形式で格納する。格要素の成分である重要語は、後述する概念辞書を用いて他の重要語と関係づけられる。また、一部はキーワード表に登録され、検索時に利用される。

(2) 概念辞書

重要語を主要概念に対応づけるものである。分野ごとの概念辞書と、これらを統括する一般概念辞書に分類される。概念間の関係が階層木構造で表現され、関係表としてデータベース化される。関係表には、2つの概念が次の4種類の関係の1つとともに記述される。

①上位・下位関係 (is-a関係)

以下に、文例とその木構造表現例を示す(図4)。

例) この研究で使用したハードウェアは、画像処理専用計算機とLisp専用計算機である。

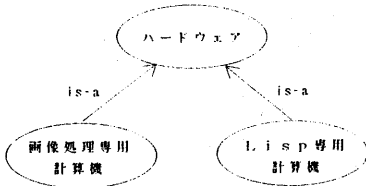


図4 上位・下位関係の木構造表現

②部分・全体関係 (part-of関係)

以下に、文例とその木構造表現例を示す(図5)。

例) ルールベース・システムは、プロダクション・メモリ、ワーキング・メモリ、推論エンジンから構成されている。

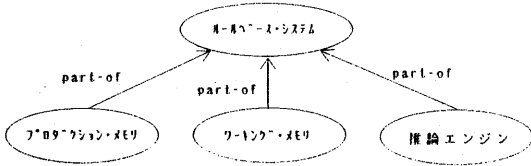


図5 部分・全体関係の木構造表現

③属性関係 (has-a関係) 対象の属性(性質など)に関する知識表現である。

④字面による関係 ある語Wが他の語W'を字面上で含めば、字面による関係があると定義する。以下に文例とその木構造表現例を示す(図6)。

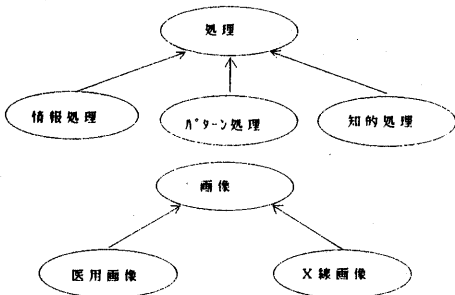


図6 字面関係の木構造表現

例) 以上の医用画像における情報処理について、概説したが、医用画像は…、伝送、パターン処理、知的処理の機能…、ファイルによるX線画像は、…。

(3) 単語・概念対応辞書

テキストから抽出した固有名詞などの初出語を概念辞書中の主要概念に対応づけるもので、藤澤らの方法に基づく[12]。例えば、A社-家電メーカー、B社-総合商社ように主要概念へ対応づけられる。

(4) キーワード表

従来の索引逆ファイルの役割をする。主要概念を表す重要語は概念辞書ばかりでなく、キーワード表にも登録し、対応する文書要素のノードを指示する。

(5) ルール表

検索時に利用者が経験的によく使用する規則をif~then~型の規則としてまとめる。検索効率の向上と木構造表現が困難な関係の表現に利用する。

3.3 文書要素間の関係づけ

主題情報(格+重要語との組)を用いて文書要素間の関係づけを行う。従来のハイパertext文書では、文書内容による関係づけは困難であった。したがって、文書内容による関係づけを、上述したデータ構造を用いて間接的なリンクを動的に張ることにより実現する。すなわち、各文書要素間に存在する前述した種々の関係に基づいて、各文書要素を関係づける。

まず文書内の重要語の概念を明らかにする。つぎに概念辞書により重要語を関係づける。最後に、この関係に基づいて、文書要素が関連づけられる。図7のサンプル文書例では、医用画像とX線画像は、字面の関係(図6)によって関係づけられ、PHDとPACSは、概念辞書での上位・下位関係によって関係づけられる。これらによって、3.3節と4章、また5.2節と6章が何らかの関係があることが導き出される。

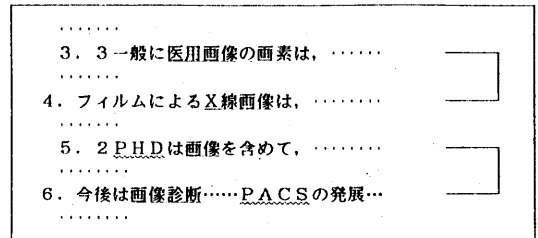


図7 文書要素間の関係づけ

4. ハイバメディア文書システムの試作

4.1 試作の方針とシステム

ハイバメディア文書システム, HyperDocsを下記の方針に従って試作している。

- ・本格的なハイバメディア文書システムのプラットフォームとすること。特に、知的処理に対応する。
- ・オープンシステムとするために、UNIX 4.3 BSDの下で、X-window**を用いる。
- ・分散環境下で、文書の協同作成にも利用できるようにする。当面、NFS (Network File System)をその基盤とする。
- ・科学技術文書を対象とする。対象とするオブジェクトはテキスト、図表、画像とする。動画については、将来CD-ROMが取り扱えるように考える。
- ・文書の清書までできるようにする。
- ・編集系は、当面、既存のエディタを活用する。

以上の方針に基づいて、HyperDocsを東芝製AS3000/4000ワークステーション (Sunワークステーション互換) 上に実現した。試作システムの環境は図8に示すように、これらをイーサネット[®]で結合した分散型計算環境である。

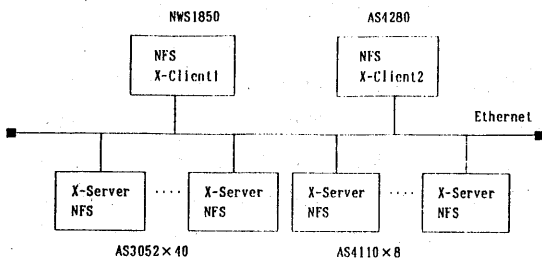


図8 試作システムの環境

4.2 ファイルシステム

UNIXファイルシステム上への文書モデルの実現法について述べる。

4.2.1 ファイルシステムの構成

各文書要素は知識部と情報部を格納した2つのフ

イルで構成される。知識部は、すべてのノードに対して共通の書式をもつファイルである (図9)。属性情報については、現在は、ノード型、作成者名、作成日時しか格納していない。知識部は普通のテキスト形式ファイルであるので、種々の情報の格納に柔軟に対応できる。一方、情報部は、下記のように前述した4つの型のノードに対するファイルである。

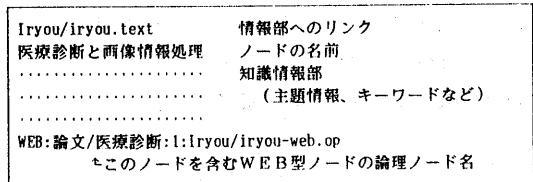


図9 知識部の構造

(1) DATA型

具体的なデータ (テキスト、ビットイメージなど) を格納するために、1つのファイルとして実現される。人が一度に扱える程度の量で、意味的にある程度まとまっている情報 (段落や図表1つ程度) が格納される。

(2) WEB型

文書のリンク情報をまとめて格納するためのファイルである。図10に示すように、リンクの出発点と目的地のノードの論理名やリンクの属性情報、見出し文、キーワードなどが格納される。WEBは、ある文書 (ノードの集まり) に対して複数個作ることができるので、リンクの作成や変更などに柔軟に対応できる。

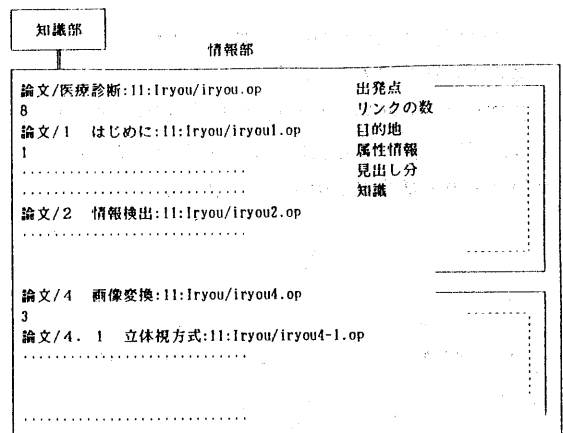


図10 WEBノード

* UNIXは、AT&Tの研究所が開発したOSである。

** X-windowは、MITの登録商標である。

(3) FILEBOX型

図11に示すように、この情報部には、含まれるノードの論理ノード名が格納される。階層的な分類構造を提供できるので、多数のノードの分類や組織化の目的で使用される。また、ノードの一覧表としてあるいは一時保管場所として使うこともできる。

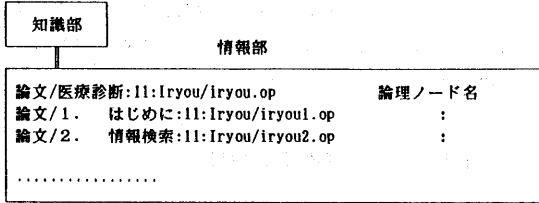


図11 FILEBOX型ノード

(4) TOOL型

道具として利用できるアプリケーション(OS上で動く)を登録するためのファイルである。アプリケーションが格納されている実行形式ファイルを指す。

4.2.2 ファイルシステムの検討

新しいノードの型の追加は容易である。一方、リンクについては、WEB型ノードを作ることにより、柔

軟性の高い、リンクづけやリンクへの知識の組み込みを実現している。また内部的には、リンクのポインタとして論理ノード名を使うことにより、分散型計算環境下でのリンクづけを試みている。

4.3 基本機能と利用者インタフェース

4.3.1 ナビゲーション機能

ナビゲーション機能は、ノードに張られているリンクを順々にたどっていくことにより利用者の望む情報のノードへ到達するためのものである。図12に示すように、画面上にテキスト、イメージが表示されている場合、これらのノードをクリックすることにより、そのノードに張られているノード名がポップアップメニュー形式で表示される。表示には、テキスト型、イメージ型かを識別できるように、アイコンを表示している。メニューの内容は次のようになっている。

- ・parent 表示されているノードの親ノード。
 - ・ノード名 子の数だけノード名を表示。
 - ・back 1つ前に選択したノード。
- これらの項目のいずれかをマウス左ボタンで選択す

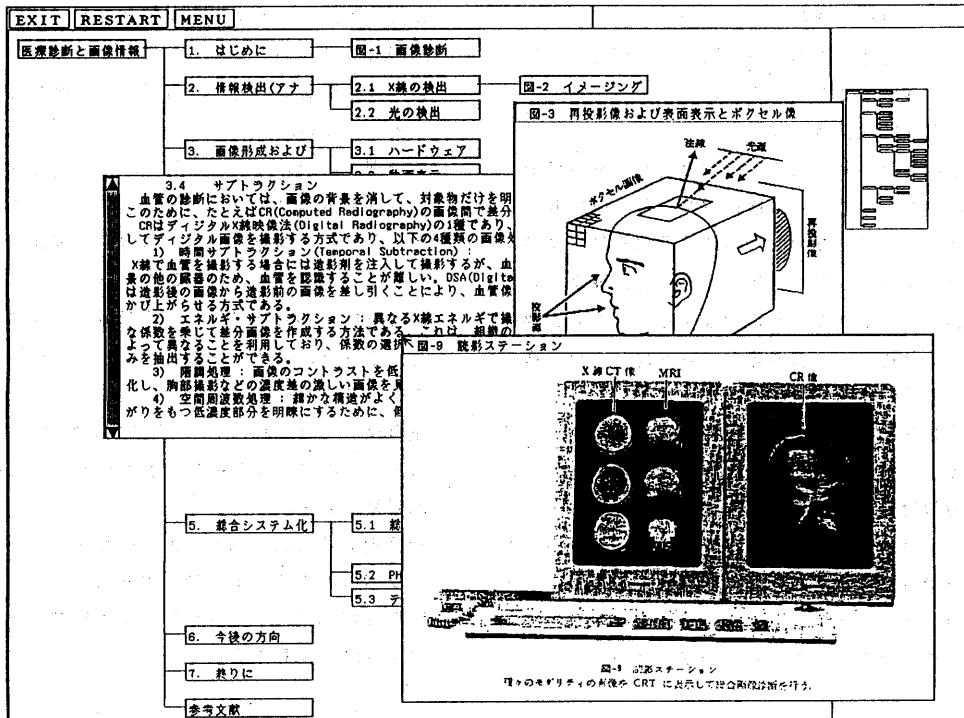


図12 画面表示例

ることにより、そのノードへの移動が行われる。

4. 3. 2 ブラウジング機能

ブラウジング機能は、図12に示すように、画面上にデータベースの関連図を表示し、その中から利用者が必要な情報を自由に選択できる機能である。この関連図はブラウザと呼ばれる。利用者はこのブラウザを使用することにより、見たい情報の拾い読みができる。表示している四角形一つひとつがノードに対応し、その中にノードの標題が表示されている。

マウスの左ボタンを押すと、そのノードの内容が別のウィンドウとして画面に表示される。画面右上には、関連図の全体が表示される。これは、迷子になるのを避けるために、当該ノードを黒く塗って、利用者に分かるようにするものである。各ノード間に張られているリンクは、画面上では線として表示されている。

4. 3. 3 検索機能

ナビゲーション機能とブラウジング機能は局所的な検索に向いている視覚的な方法である。一方、大局的な検索に向いている言語的な方法として、下記の3つの検索機能を用意した。

(1) キーワード検索

キーワードを従来型のブール演算子で結合した質問式を用いて検索する。

(2) 概念関係検索

ある文書要素に関係ある他の文書要素を検索可能にする機能である。これは、格情報記述部の格フレームの重要語を用いて、概念辞書の関連項目を探索する。その結果をキーにしてキーワード表から関連文書要素群を検索する。その後、利用者はナビゲーション機能により、それぞれの文書要素の内容を詳しく見てゆく。

(3) 主題情報の拾い読みと全文検索

各文書要素の標題および格情報の一覧表を表示することにより、主題情報の拾い読みができる。また、これらの情報に対して全文検索ができる。

以上の諸機能を利用するときには、メニューウィンドウで検索方法を指定し、必要な入力を行うと、その条件に合ったノード名がメニュー方式で表示される。その中から利用者は見たい情報を選択する。

4. 3. 4 編集機能およびその他の機能

編集機能は、テキストの書換え、WEB型ノードの書換えに使用する。WEB型ノードを書き換えることにより、利用者の好きなようにリンクの張り替えが行える。書換えが終了すると、このWEBノードを読み込んでブラウザとして画面に表示する。現在は専用のエディタがないために、Nemacsを使用している。

その他、スクロールバー、注釈機能、マーカ（利用者がどこまでノードを見たか印をつける機能）などを提供する。

5. 試作システムの評価と検討

5. 1 評価

ハイバメディア文書モデルとそのプロトタイプについて、Shneiderman[13]によって提起されたハイパテキストシステム設計上の考慮点に沿って評価する。

- ・使いやすさ (usability) 直操作の利用者インタフェースと各メディアに対する統一的な操作法により対応している。
- ・表示機能 (display) Xウィンドウによるオープンな環境を提供したが、カラーに対応できていない。
- ・性能 (performance) 応答速度は満足できる程度にあるが、ビットイメージ処理に多少時間がかかる。
- ・印刷機能 (printing) 文書クラス概念による枠組みは提供しているが、書式化と印刷などの対応ができていない。
- ・版管理 (versions) 改版は、ノードのリンクづけを時間軸方向にも行うことにより実現する。
- ・ネットワーク機能 (networking) 現在は遠隔マウントファイルのみに対応している。
- ・注解機能 (annotation) 注解用のリンクを張ることにより実現可能であるが、ノードの任意の位置からまだできない。
- ・統合化 (integration) TOOL型ノードにより、UNIXのアプリケーションとのデータ交換は比較的容易である。
- ・別名機能 (aliasing) 概念や知識に基づく動的リンクづけの手法により解決できる。
- ・視野 (views) ブラウザによる複数ノードの表示により階層視野を実現している。

5. 2 検討課題

問題点や課題について列挙する[14].

(1) 文書モデル

- ・各ノードやリンクに組み込む知識の種類や形式の再検討.
- ・データベース共有のための保護機構.
- ・文書の任意の場所への注解.

(2) ハイパメディア文書システム

- ・知識に基づくハイパメディア文書システム.
- ・使いやすい編集機能 (Authoring) .
- ・履歴情報の管理
- ・既存テキストのハイパテキスト化.
- ・利用者ごとの付加機能, 例えば, しおりの挟み込みや注解の付加.
- ・DTPとして利用可能な印刷機能.

6. おわりに

本論文では, 知識表現機構を有するハイパメディア文書モデルの設計とその試作について述べてきた. その動機は個人の書齋をすべて電子化するためにはどのような接近法をとればよいかという, 素朴な疑問から始まった. ハードウェアの問題はここ数年の技術進歩により, 非常に改善されてきたと思われる. しかしながら, ソフトウェアに関しては, まだこれといった切り札はない. AI, ハイパテキスト, およびDBMSの技術の重なりあった部分を発展させて行くことが, 当面の解決法だと思われる[8].

このような観点から, 電子書齋のプラットフォーム(基盤)として, この文書モデルの構築をしている最中である. モデルに取り入れた知識表現機構は, このモデルの中心部分を構成するものであり, この機能なしにはハイパメディア文書システムもただの電子化文書システムにしか過ぎない. 現在はまだ規模の小さな科学技術文書に対して, しかもメディアを限定して試行をしている段階である. 今後は, CD-ROMなども取り入れ, 文書の種類と規模も拡大して, 本システムの拡張と評価を行ってゆく必要がある.

謝辞 本研究の一部は電気通信普及財団の助成をいただいた.

参考文献

- [1] E. Barrett: The Society of Text, The MIT Press, 1989.
- [2] 宇津宮他: 日本語文書の構造的作成支援環境構築の試み, 情報処理学会「日本語文書の入力と編集」シンポジウム論文集, pp.93-104, 1985.
- [3] D. Goodman: The Complete HyperCard Handbook, Bantam Books, 1987.
- [4] J. Conklin: Hypertext: An Introduction and Survey, IEEE Computer, 20,9, pp.17-41,1987.
- [5] 遠藤, 舛尾, 宮崎, 宇津宮: ハイパテキストを基盤としたマルチメディア文書モデル, 第42回電気関係学会九支連大講演論文集, p.516, 1989.
- [6] N. Yankelovich, B.J. Haan, N.K. Meyrowitz, and S.M. Drucker: Intermedia, IEEE Computer, Vol.21, No.1, pp.81-96, 1988.
- [7] 舛尾, 宮崎, 遠藤, 宇津宮: ハイパテキスト文書における動的リンクづけの一手法, 第42回電気関係学会九支連大講演論文集, p.517,1989.
- [8] K. Parsaye, M. Chignell, S. Khoshafian, and H. Wong: Intelligent Databases, John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- [9] E. Yoder, R. Akscyn, and D. McCracken: Collaboration in KMS, A Shared Hypermedia System, Proc. of CHI'89, pp.37-42, 1989.
- [10] F.G. Halasz: Reflections on Notecards, Comm. ACM, Vol.31, No.7, pp.836-852, 1988.
- [11] C.J. Fillmore: Some problem for case grammar, Monograph series on Languages and linguistics 24, Georgetown University Press, 1971.
- [12] 藤澤, 畠山, 藤縄: 概念ネットワークを用いた知的ファイリングシステム, Vol.69, No.3, pp.29-36, 1987.
- [13] B. Shneiderman and G. Kearsley: Hypertext Hands-On!, Addison-Wesley, 1989.
- [14] N. Meyrowitz: Hypertext-Does It Reduce Cholesterol, Too?, Brown University, IRIS Tech. Report 89-9, 1989.